

2012～2014年度環境研究総合推進費課題

「海洋生物が受ける温暖化と海洋酸性化の複合影響の実験的研究

国立環境研究所・産業技術総合研究所・海洋生物環境研究所・電力中央研究所

代表者 国立環境研究所 野尻幸宏



A-1203「海洋生物が受ける温暖化と海洋酸性化の複合影響の実験的研究」

代表者:野尻幸宏(国立環境研究所) 研究期間:平成24~26年度 累計予算額:132,365千円

サブテーマ ①独立行政法人 国立環境研究所 野尻幸宏
 ②独立行政法人 産業技術総合研究所 鈴木淳、中島礼
 ③公益財団法人 海洋生物環境研究所 林正裕、堀田公明、吉川貴志、磯野良介
 ④一般財団法人 電力中央研究所 芳村毅

サブテーマ1:(独)国立環境研究所
 海洋生物飼育実験用CO₂分圧制御と実験管理手法の提供



CO₂制御装置の提供と実験精度管理

サブテーマ2:(独)産業技術総合研究所
 わが国周辺のサンゴ種の成長への
 水温と海洋酸性化の影響

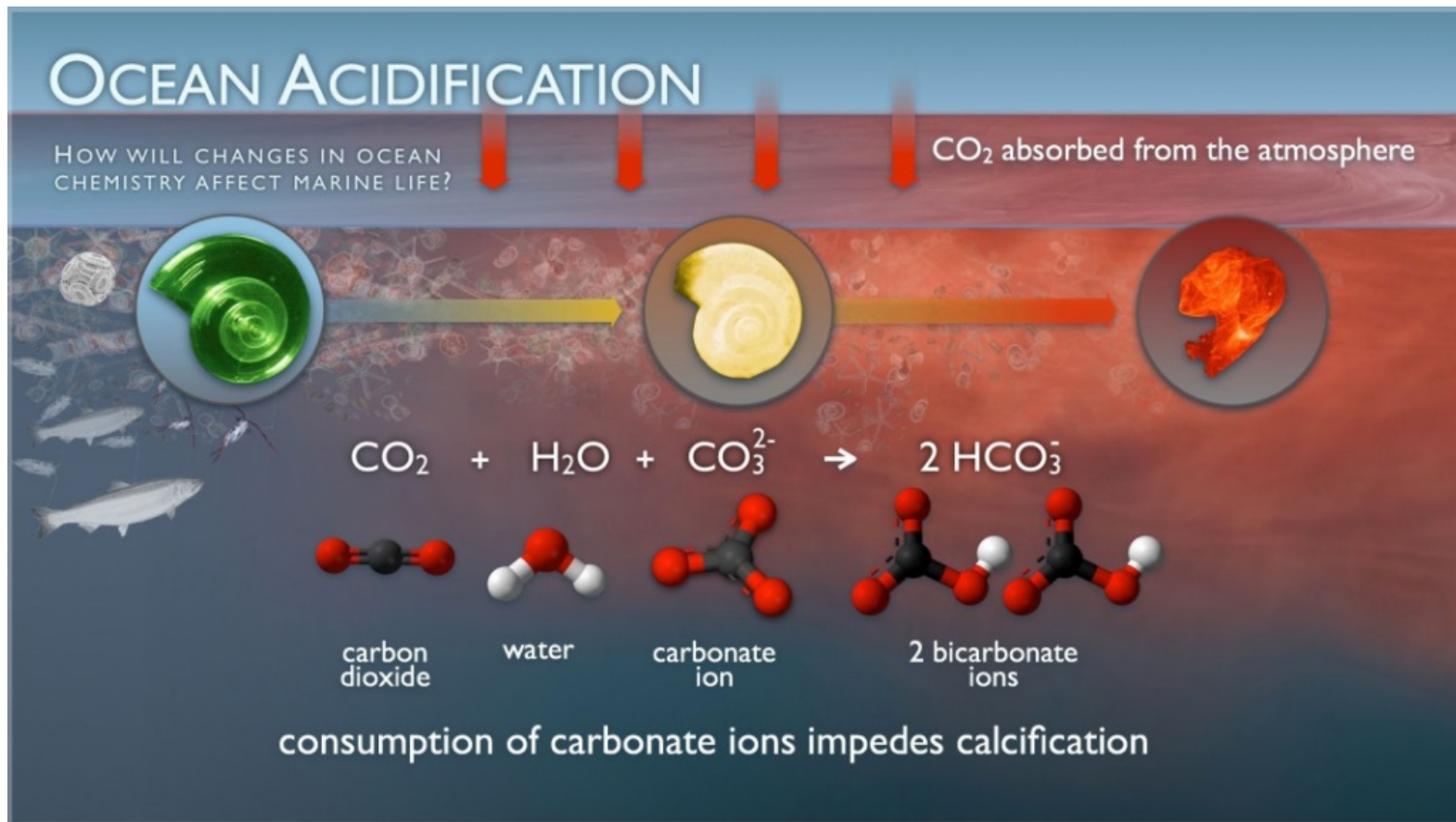
サブテーマ4:(財)電力中央研究所
 植物プランクトンの増殖における
 水温と海洋酸性化の影響

サブテーマ3:(財)海洋生物環境研究所
 海洋生物の再生産過程における水温と
 海洋酸性化の影響

臨海実験施設の提供

研究開発目的(抜粋):

- (1) 評価実験に必要なCO₂濃度制御技術を開発し、高度な実験管理技術を共通に利用して研究を実施する。
- (2) 北上サンゴ種のCO₂に対する応答性が知られておらずその分布域変化予測が難しいため、水温とCO₂の複合影響を飼育実験から明らかにする。
- (3) CO₂に対する急性毒性レベルが高い魚類においても、今後予想される大気CO₂増加レベルでの影響を評価する必要があるので、大型水槽でのCO₂制御を行い、有用魚種を対象とする影響評価実験を行う。
- (4) 植物プランクトンは海洋炭素循環の気候フィードバック解明のカギであり、ケイ藻と円石藻という石灰化をしない群とする群を対照して、昇温とCO₂濃度増加の複合影響を実験室と現場型培養実験の両者から評価する。



IPCC AR5 WG2では両者の影響を指摘、生物影響を分類群毎にメタ分析した。

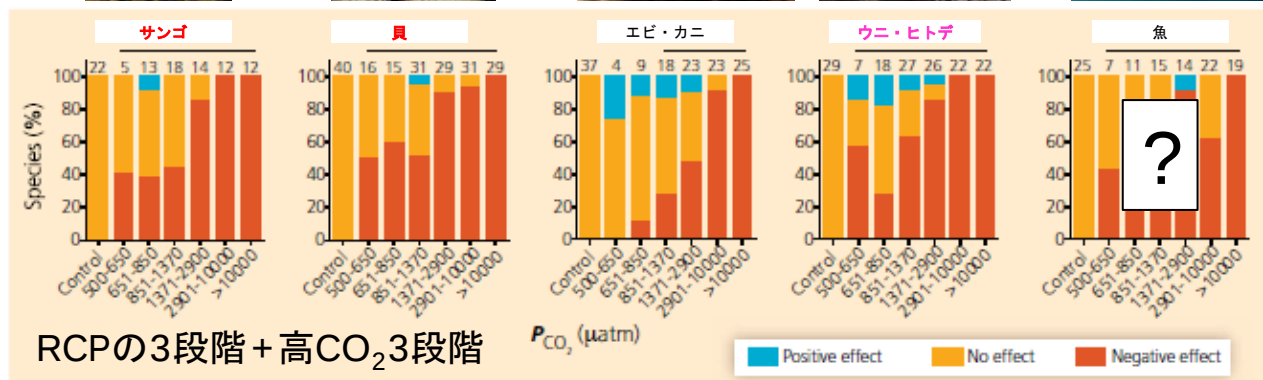
ただし、

- ・メタ分析ができる程度に実験情報を集めたものの、影響評価された生物種・群は不十分
- ・海洋生物の移動性と温暖化・酸性化の問題は複雑
- ・魚類の酸性化影響評価では、中長期影響評価がされていないため不確実性が高い
- ・生態系の影響を評価する研究はあまり進んでいない

というような面で現状の理解は不十分で、更なる研究が必要である。

海洋酸性化影響のメタ分析 — 分類群毎の影響評価 —

Taxa	Response	Mean Effect
 石灰藻	生残	実験例不足
	石灰化	有意差なし
	成長	実験例不足
	光合成 分布域	負の効果 -28% 負の効果 -80%
 サンゴ	生残	有意差なし
	石灰化	負の効果 -32%
	成長	有意差なし
	光合成 分布域	有意差なし 負の効果 -47%
 円石藻	生残	実験例不足
	石灰化	負の効果 -23%
	成長	有意差なし
	光合成 分布域	有意差なし 有意差なし
 貝	生残	負の効果 -34%
	石灰化	負の効果 -40%
	成長	負の効果 -17%
	繁殖 分布域	負の効果 -25% 有意差なし
 ウニ・ヒトデ	生残	有意差なし
	石灰化	有意差なし
	成長	負の効果 -10%
	繁殖 分布域	負の効果 -11% 実験例不足
 エビ・カニ	生残	有意差なし
	石灰化	有意差なし
	成長	有意差なし
	繁殖 分布域	有意差なし 有意差なし 有意差なし
 魚	生残	実験例不足
	石灰化	実験例不足
	成長	有意差なし
	繁殖 分布域	実験例不足 実験例不足
 コンブ・ワカメ	生残	実験例不足
	石灰化	実験例不足
	成長	正の効果 +22%
	光合成 分布域	有意差なし 有意差なし
 海藻	生残	実験例不足
	石灰化	—
	成長	実験例不足
	光合成 分布域	有意差なし 有意差なし 実験例不足
 ケイ藻	生残	実験例不足
	石灰化	—
	成長	正の効果 +17%
	光合成 分布域	正の効果 +12% 有意差なし



RCPのCO₂レベルで区分した海洋酸性化影響のメタ分析評価 (Wittmann & Pörtner, 2013 → IPCCAR5WG2)

RCP (Representative Concentration Pathway) IPCC AR5向けの21世紀温室効果ガス排出経路シナリオと対応する大気CO₂濃度

- ・1300ppm以上では、各分類群で影響発現する種の比率が高まる
- ・石灰化生物が一般により脆弱で、甲殻類は比較的耐性を持つ
- ・初期発生段階における脆弱性が高い例がある
- ・低レベルで影響発現する種がある←CO₂増加が生態系の種遷移を誘起
- ・魚類は行動影響に限り確認、実験例不足で中長期的な影響が不明

分類群別にみた種レベル海洋酸性化影響評価の現状
(Kroeker et al., 2013から日本語化)

海洋酸性化研究

— 環境研究総合推進費による国内共同研究 —

2008～2010年度 海洋酸性化が海洋生物に与える影響予測の実験的研究

国立環境研究所・京都大学・琉球大学・水産総合研究センター・産業技術総合研究所

主なねらい 飼育実験による近未来の酸性化影響把握

近未来に予測される海水CO₂濃度(分圧)での影響評価

精密な室内飼育実験向け制御系

沿岸性の動物を中心に脆弱と考えられる初期発生、幼生を対象

2012～2014年度 海洋生物が受ける温暖化と海洋酸性化の複合影響の実験的研究

国立環境研究所・産業技術総合研究所・海洋生物環境研究所・電力中央研究所

主なねらい 温暖化と海洋酸性化の海洋生物への複合影響を予測評価

海洋生物資源や海洋が果たしている炭素循環に及ぼす影響を評価

新規実験系として大型水槽のCO₂濃度制御、温度との複合制御

世界の研究で不十分な、魚類の再生産への複合影響評価

我が国沿岸で特異にみられる北上サンゴ種への複合影響評価

今回課題の中心装置：大容量海水槽のCO₂調整 — 魚類へのCO₂の影響評価 海洋生物環境研究所 —

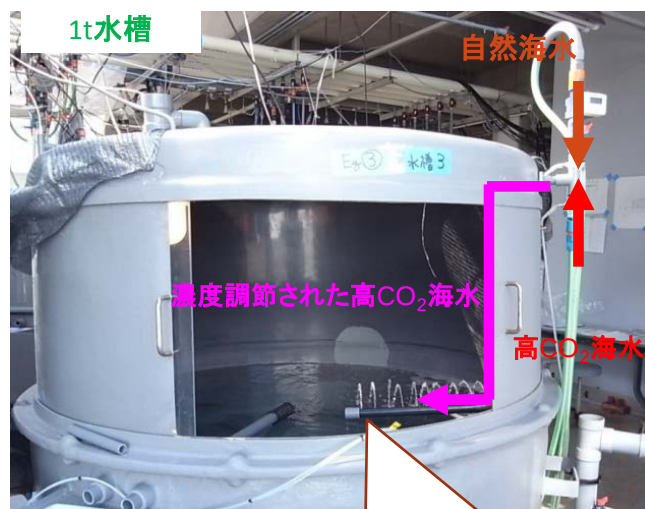
自然海水と高CO₂海水の混合比率を変えることでCO₂濃度を制御

これまでの、現状CO₂濃度で発生飼育
⇒ある段階になったらCO₂曝露

将来条件と違う  将来の温暖化条件

産卵段階から一貫して高CO₂濃度で
再生産過程を追う世界初の試み

必要な大容量水槽のCO₂調整法開発



シロギス(成魚)と孵化直後の稚魚、稚魚の耳石

6チャンネル同時測定
CO₂分圧計測装置



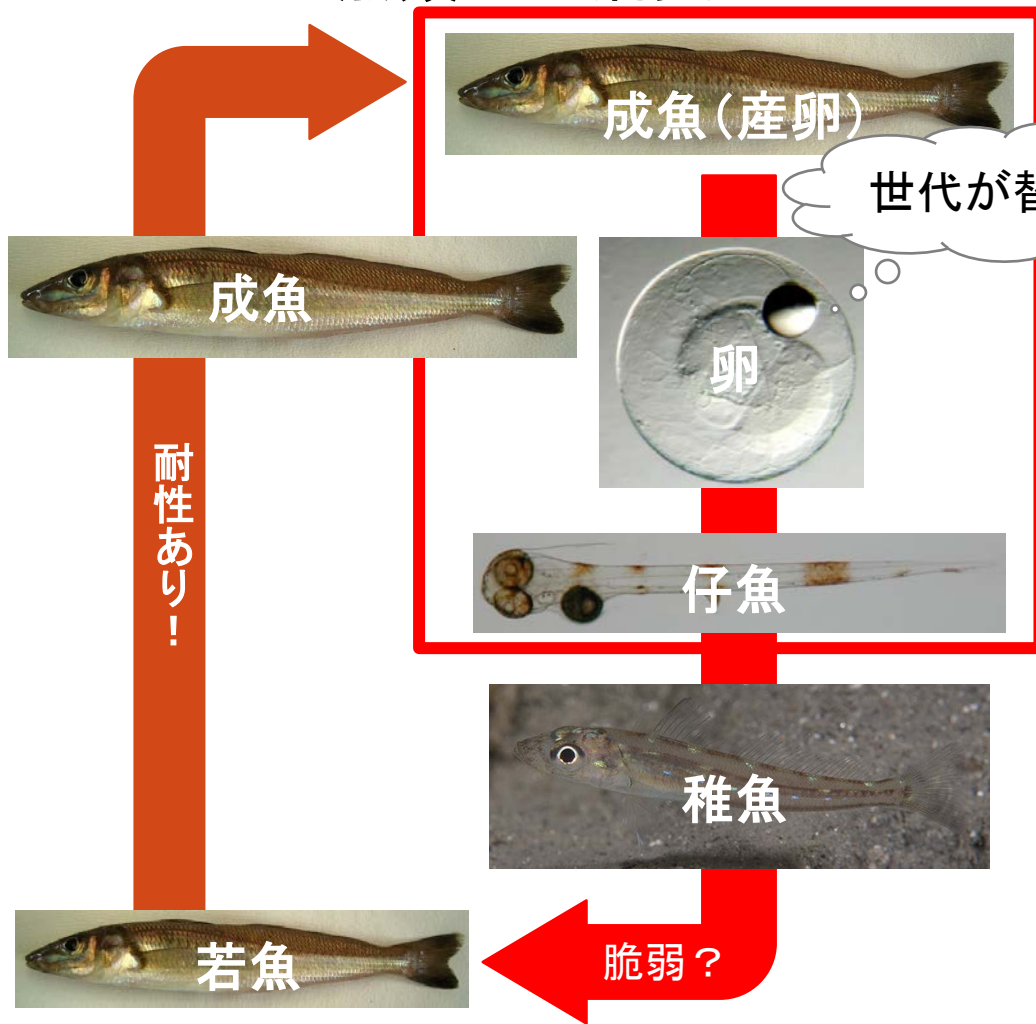
研究展開として、10t水槽
を用いるマダイの再生産実
験に取り組んでいる



魚類に及ぼす海洋酸性化と水温上昇の影響

7

魚類の生活史



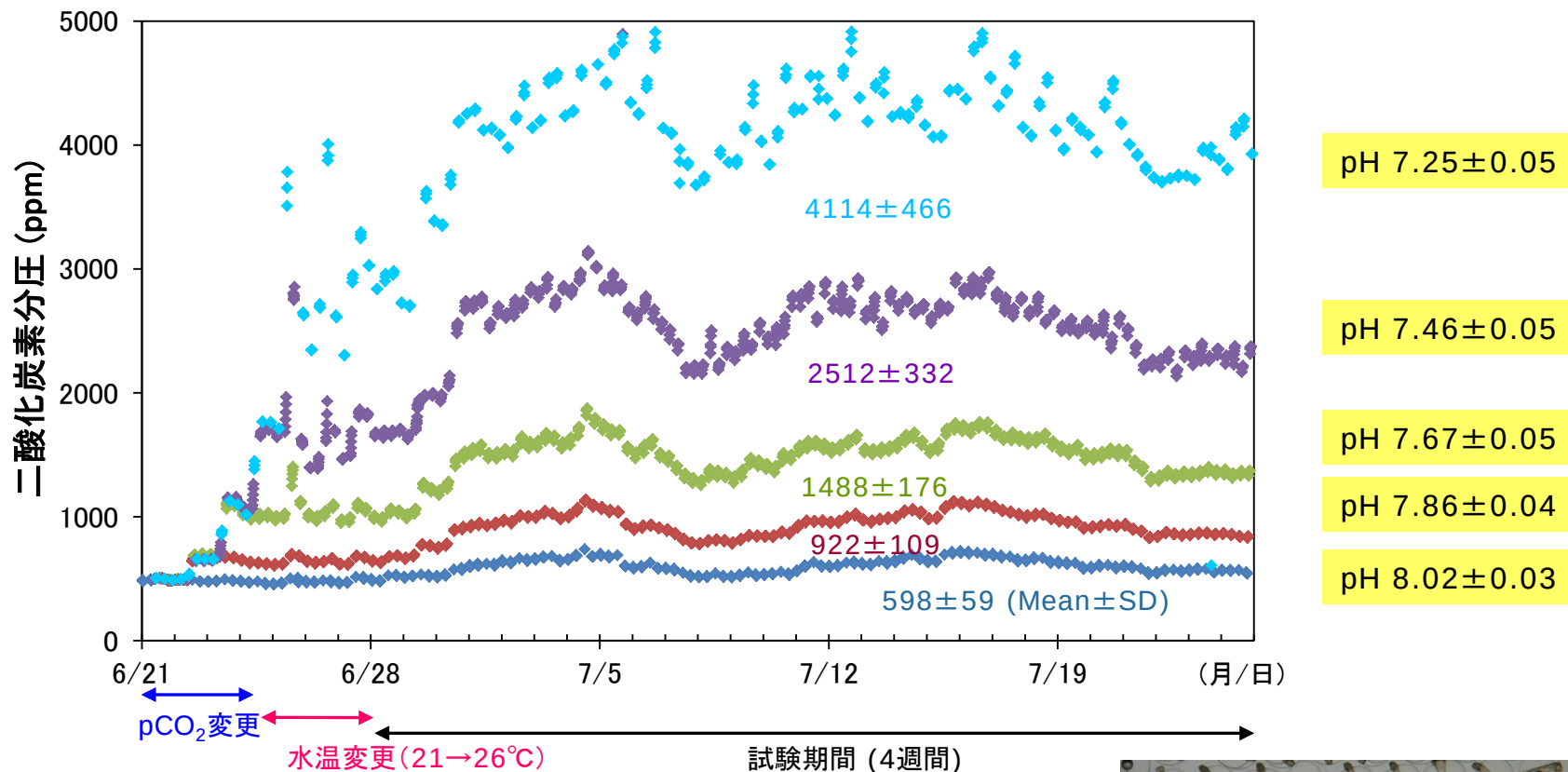
今回の実験の
ターゲット!!

海洋酸性化
+ 温暖化

●水温上昇と海洋酸性化が魚類の再生産過程に与える影響を明らかにする

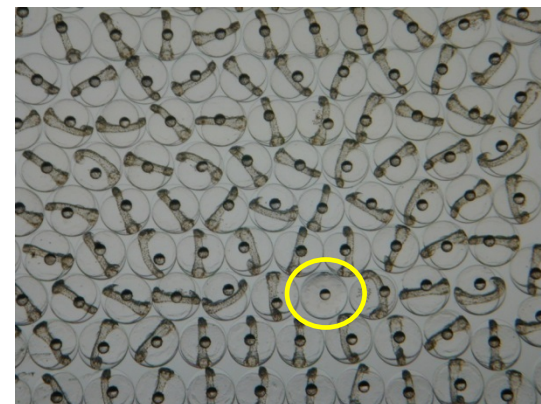
実験期間における二酸化炭素分圧の実測値

- 1tの大型水槽で正確な濃度制御, リアルタイムで高分解能な測定を実現 -



左: 浮上卵, 沈下卵, 正常発生卵の計数

右: 浮上卵 (正常発生) 中の未発生欄 (円内)



海洋酸性化がシロギスの再生産過程に与える影響⁹

1 産卵

二酸化炭素分圧4,100 μatm においても産卵し卵質も対照区と同等であった

2 孵化

二酸化炭素分圧4,100 μatm で産出された卵の正常孵化率は対照区と同等であった

3 仔魚の成長(体長・耳石の形成)

産卵から孵化後1日までを二酸化炭素分圧4,100 μatm で過ごした仔魚の体長・耳石の面積は対照区と同等であった



★シロギスは海洋酸性化に対して耐性を持っていることが示唆された。



温暖化との複合影響は？

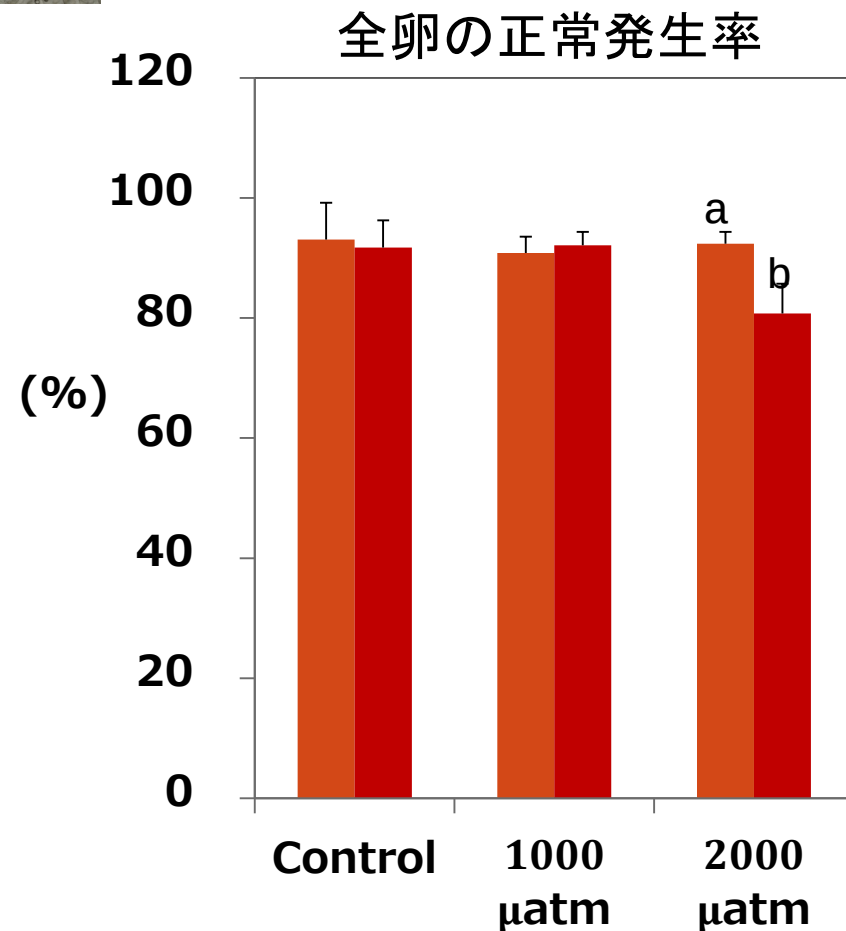
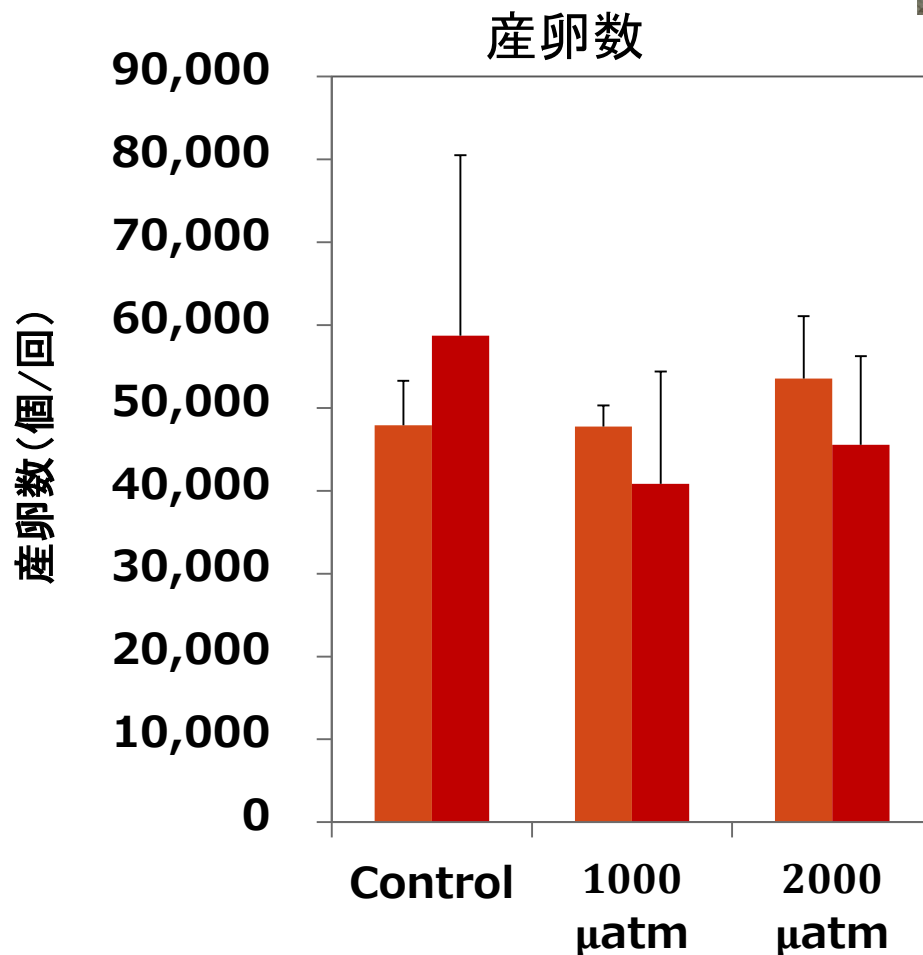
産卵に及ぼす水温と高CO₂の複合影響

10



26℃
28℃

2-way ANOVA
0.05>P



● 28度区、2000 μatmの正常発生率は有意に減少した。

孵化に及ぼす水温と高CO₂の複合影響

11



or

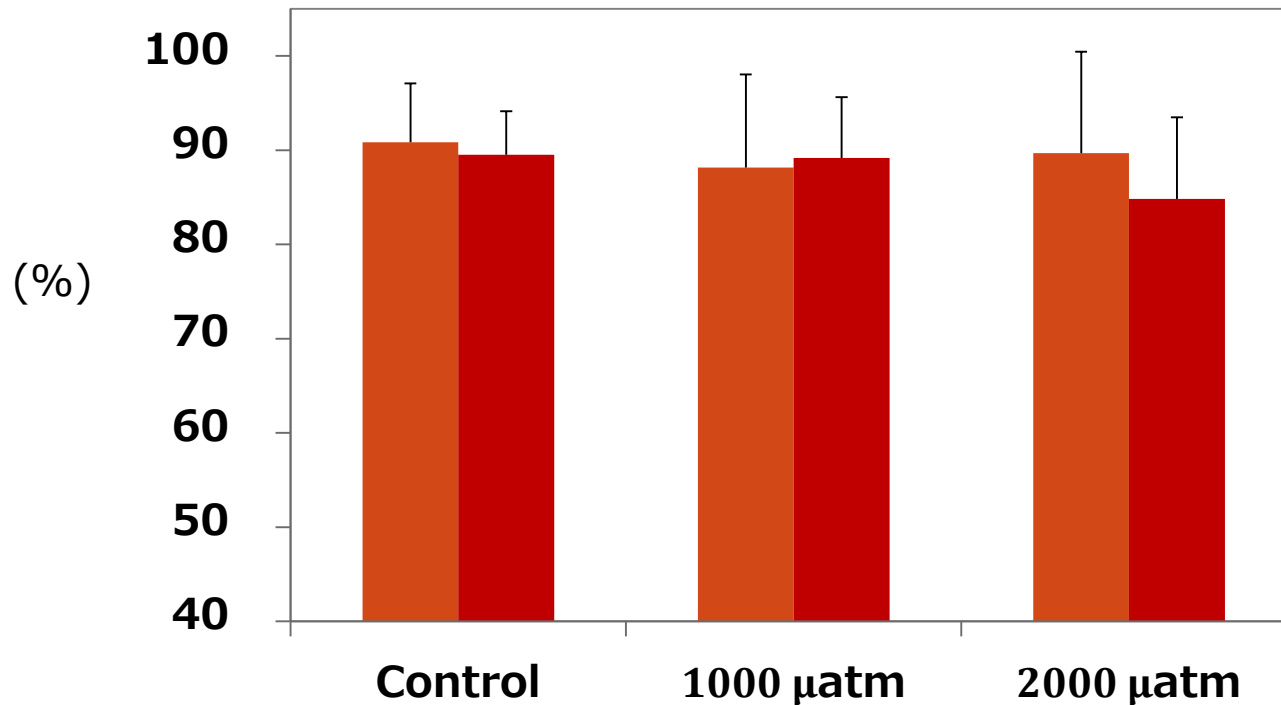


26℃

28℃

2-way ANOVA
0.05>P

正常孵化率



●浮上卵の正常孵化率は高い値を維持した

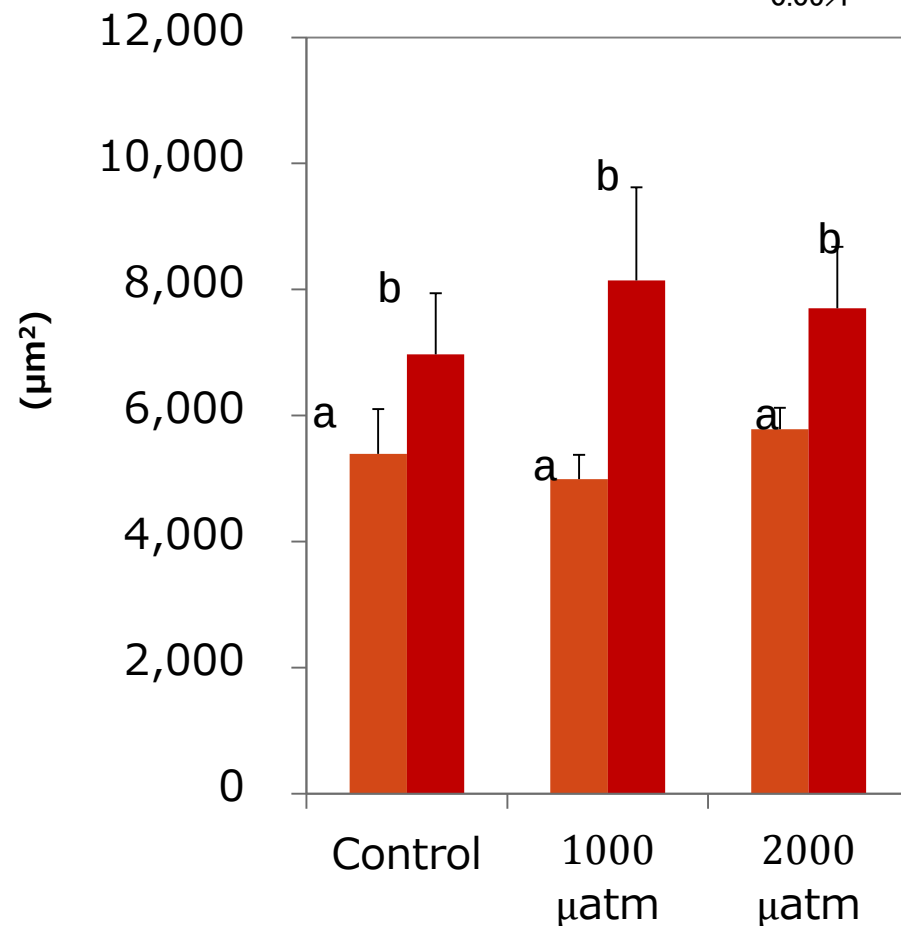
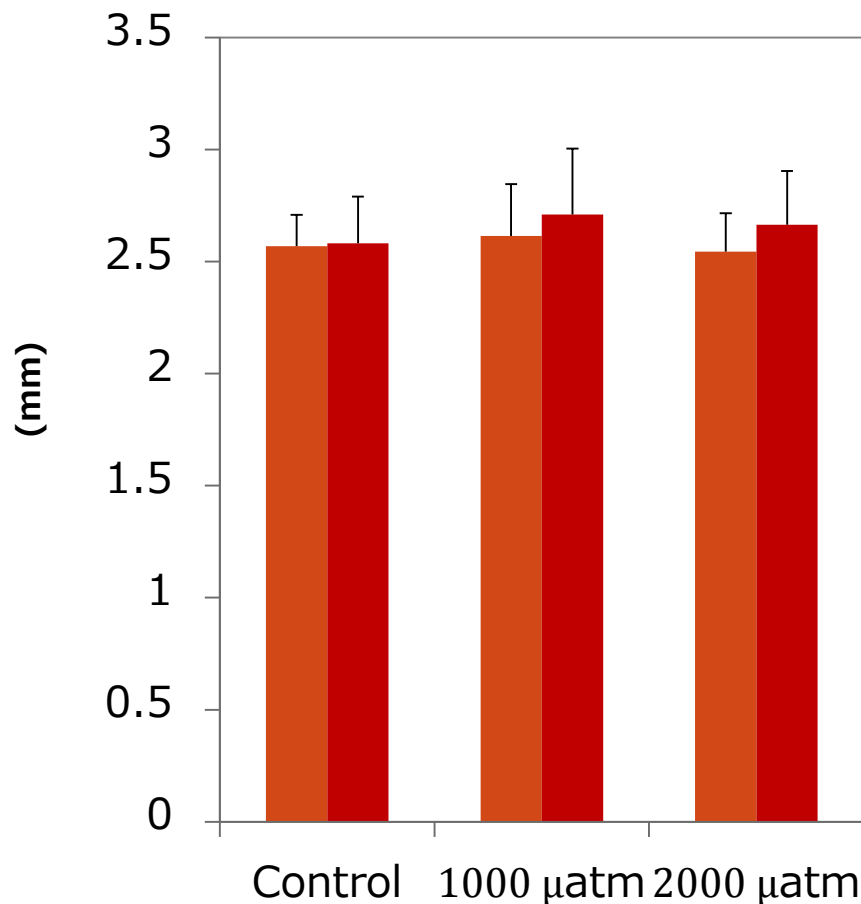
仔魚の成長に及ぼす水温と高CO₂の複合影響

12



26℃
28℃

2-way ANOVA
0.05>P



●28℃区の仔魚の耳石の大きさは大型化した

シロギスの再生産過程に及ぼす水温と高CO₂の複合影響¹³

1. 産卵過程

28℃区、2000 μatm の正常発生率は低下した

2. 孵化の過程

浮上卵の正常孵化率は高い値を維持した

3. 仔魚の成長過程

孵化1日後における 28℃区の仔魚の耳石は大型化した

4. 複合条件下にて産出された受精卵の耐性変化の可能性の検討

急性毒性（EP50）に関しては変化がなかった



★シロギスは酸性化より水温の影響を受ける可能性が示唆された。

AICAL2 課題 サブテーマ(2):産業技術総合研究所 わが国周辺のサンゴ種の成長への水温と海洋酸性化の影響

サンゴの北上:国立環境研の温暖化影響モニタリング



Yamano et al. (2011)

急速に北上中

北上種

スギノキ
ミドリイシクシハダ
ミドリイシ

顕著な北上が見られない

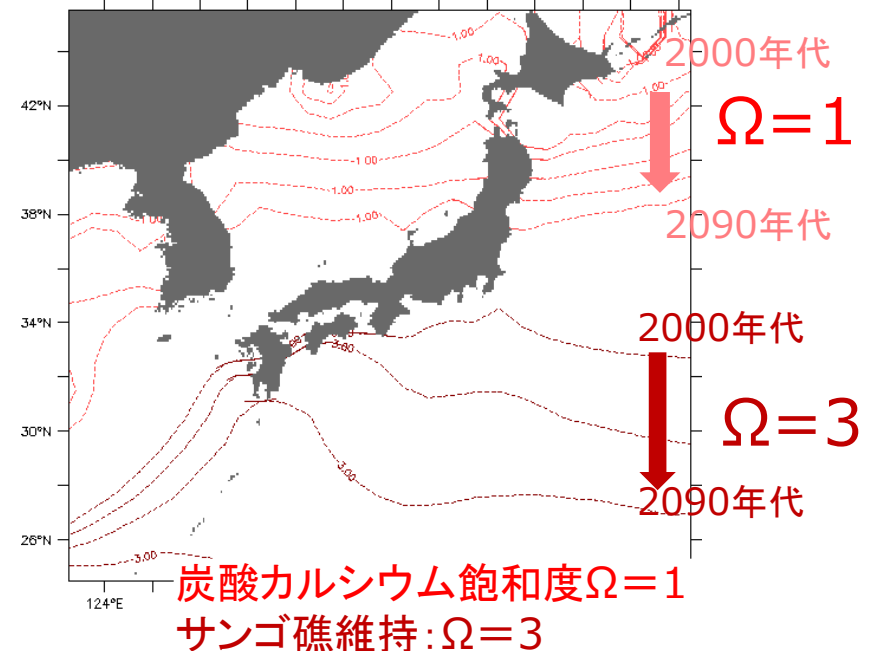
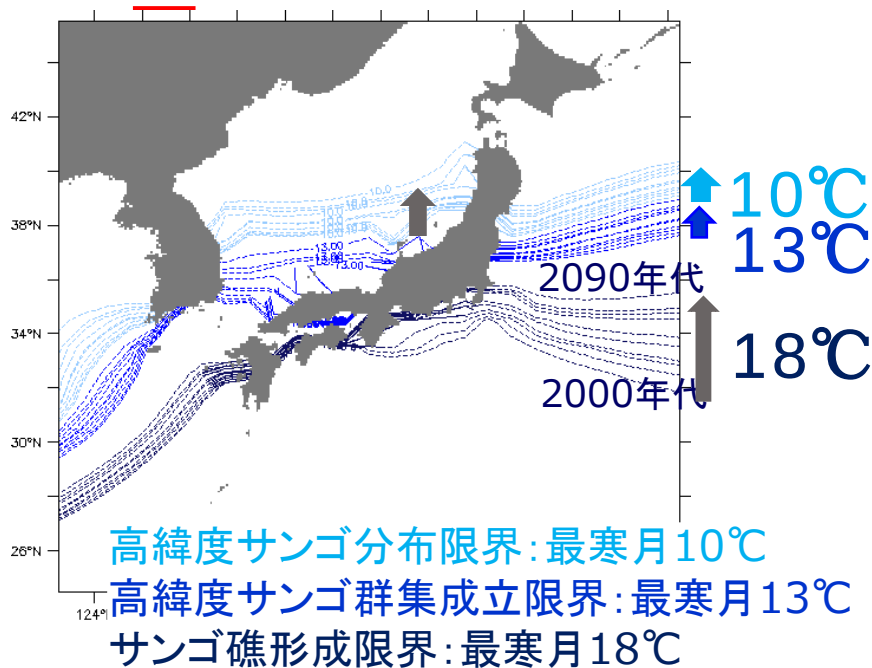
北限種

ヒメエダ
ミドリイシ

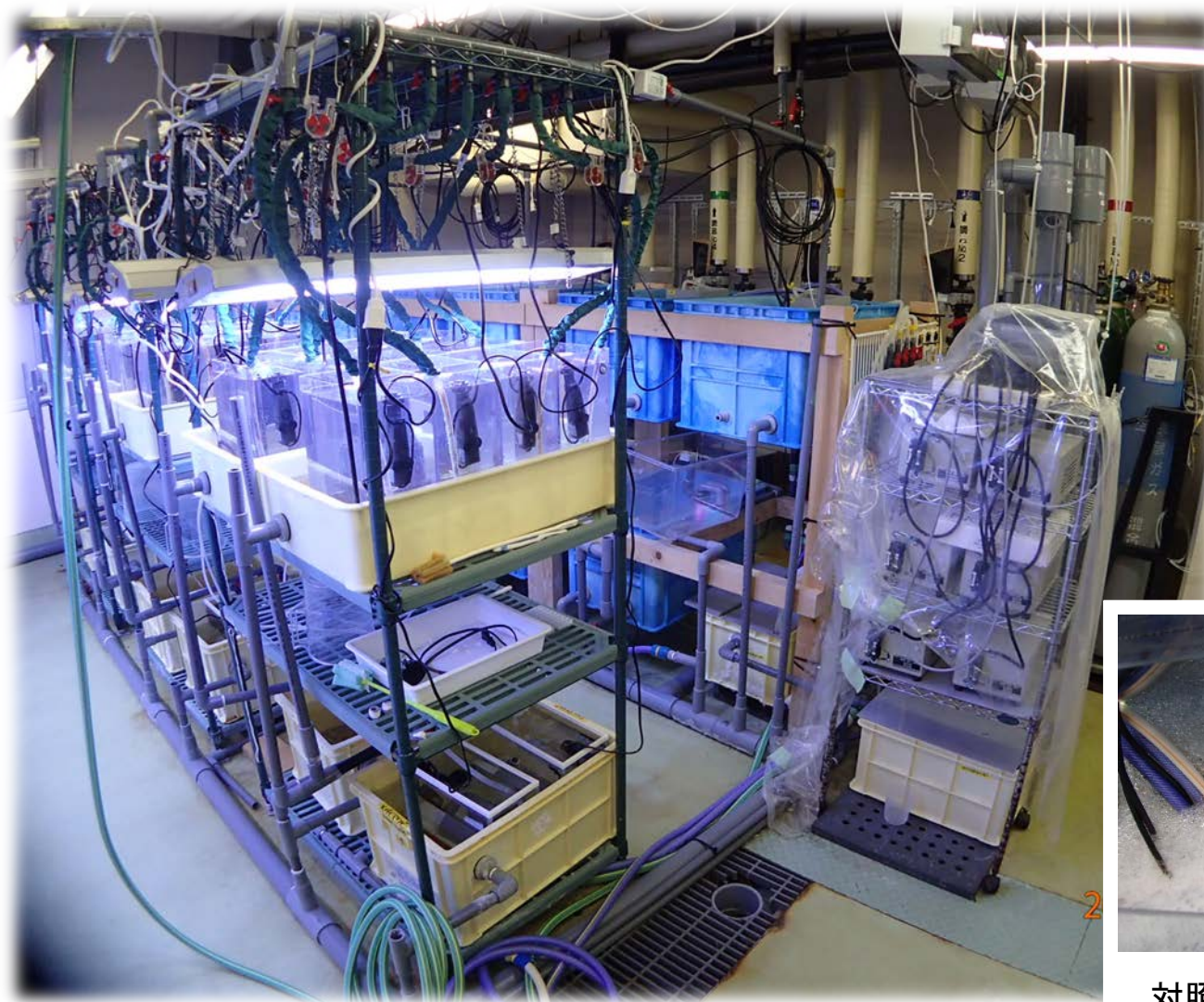
将来気候下で水温は上昇しても、
CO₂増加による炭酸塩飽和度(Ω)の低下がサンゴへの制約に？

サンゴ分布指標の予測

地球温暖化による北上と、酸性化による南



新しい飼育実験装置(AICAL2装置)の開発



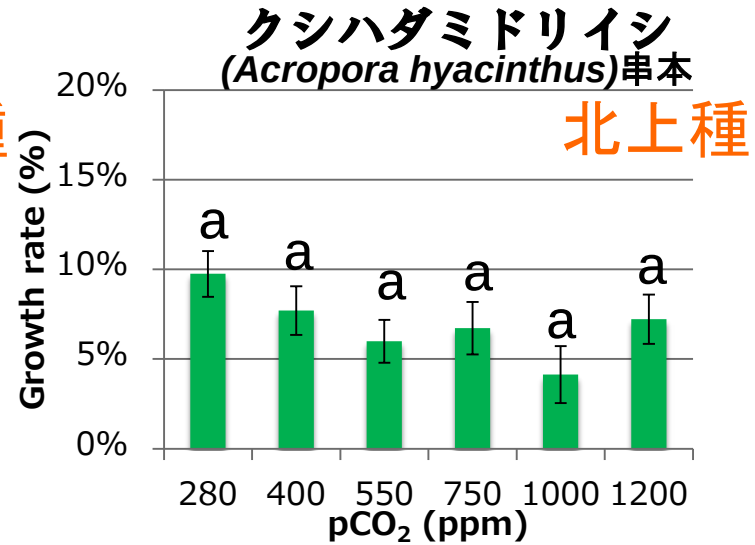
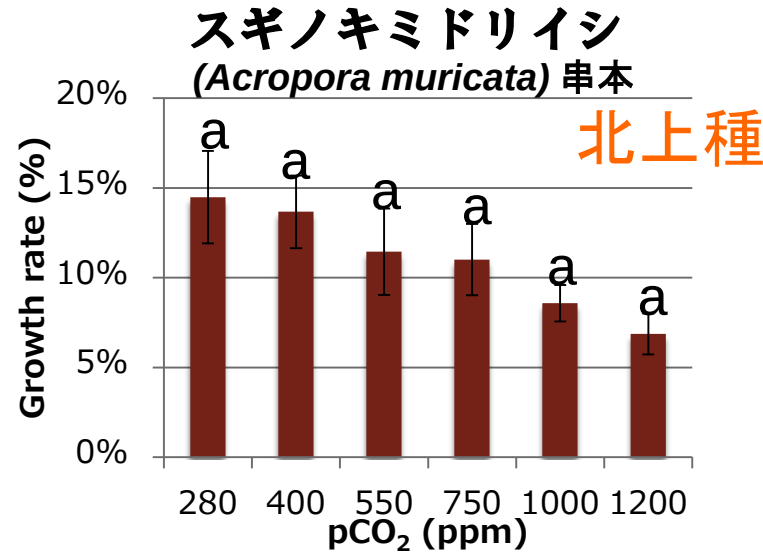
500L曝気槽



対照区海水が約400 ppmで安定。供給海水の水質改善にも効果あり。

25°Cにおける二酸化炭素分圧6段階実験の成長速度

17

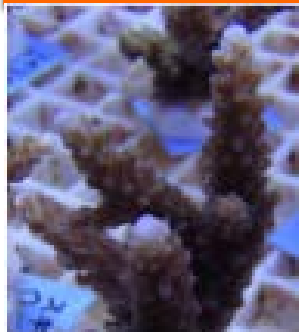
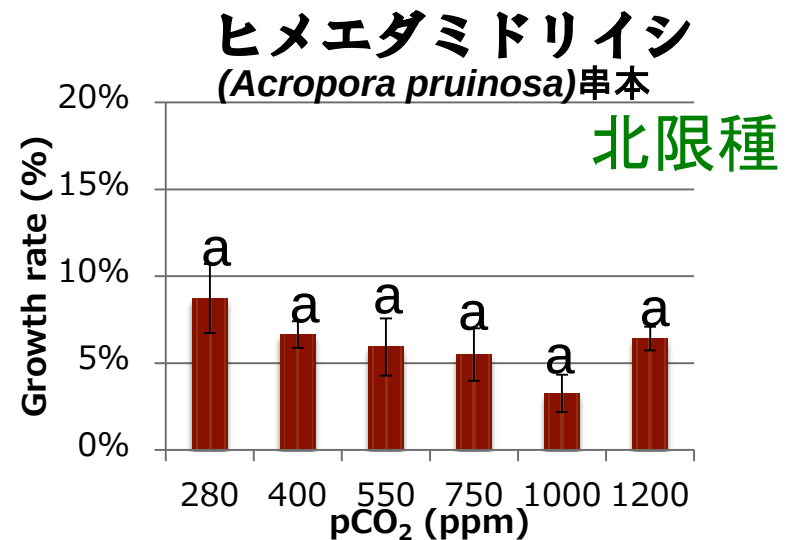
Mean $\pm$ SE ANOVA $P < 0.05$ 

急速に北上中

顕著な北上が見られない

北上種

北限種

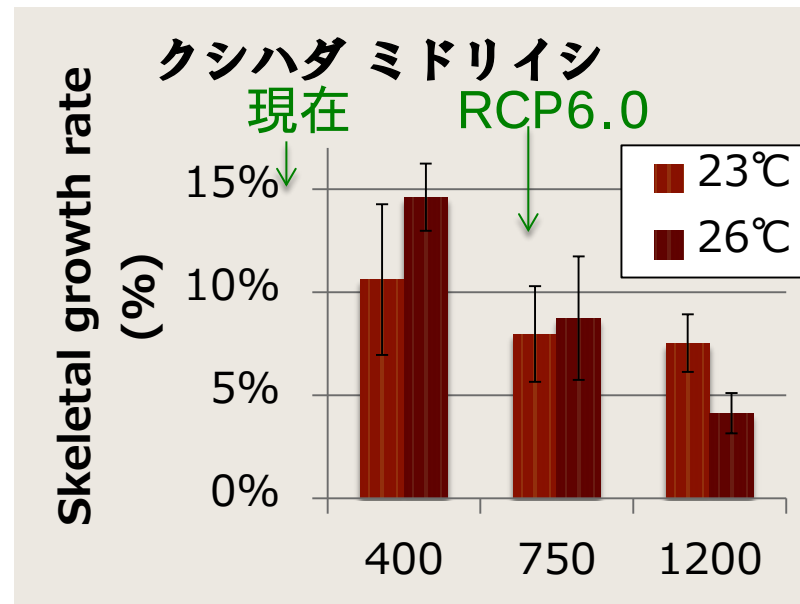
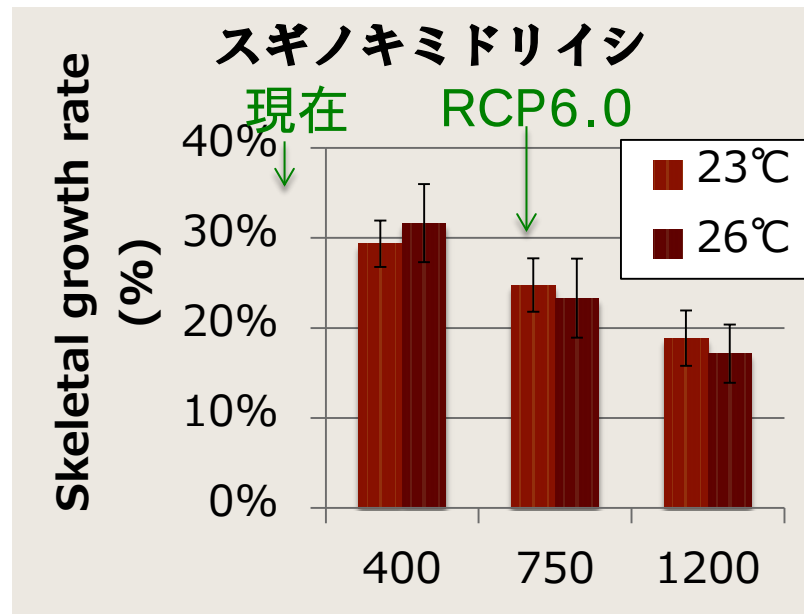
スギノキ
ミドリイシクシハダ
ミドリイシヒメエダ
ミドリイシ

水温2段階二酸化炭素分圧値3段階実験の成長速度

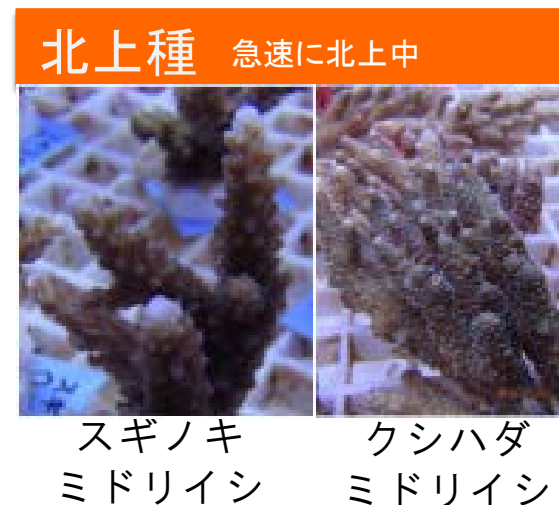
18

約3.5ヶ月間(2014年8月1日～11月10日)

Mean $\pm$ SE



- 現在に相当する400ppm区では、3°Cの昇温はこの2種の成長を促進させる効果が見られた。
- 二酸化炭素分圧の増加に伴い、23°C区・26°C区ともに成長率が低下する。
- 2100年(RCP6.0相当、26°C・750 ppm)以降の海洋酸性化の進行で石灰化が低下する可能性。
(モデル研究と定性的に一致)
- 水温とpCO₂の交互作用がある(試行的解析)。

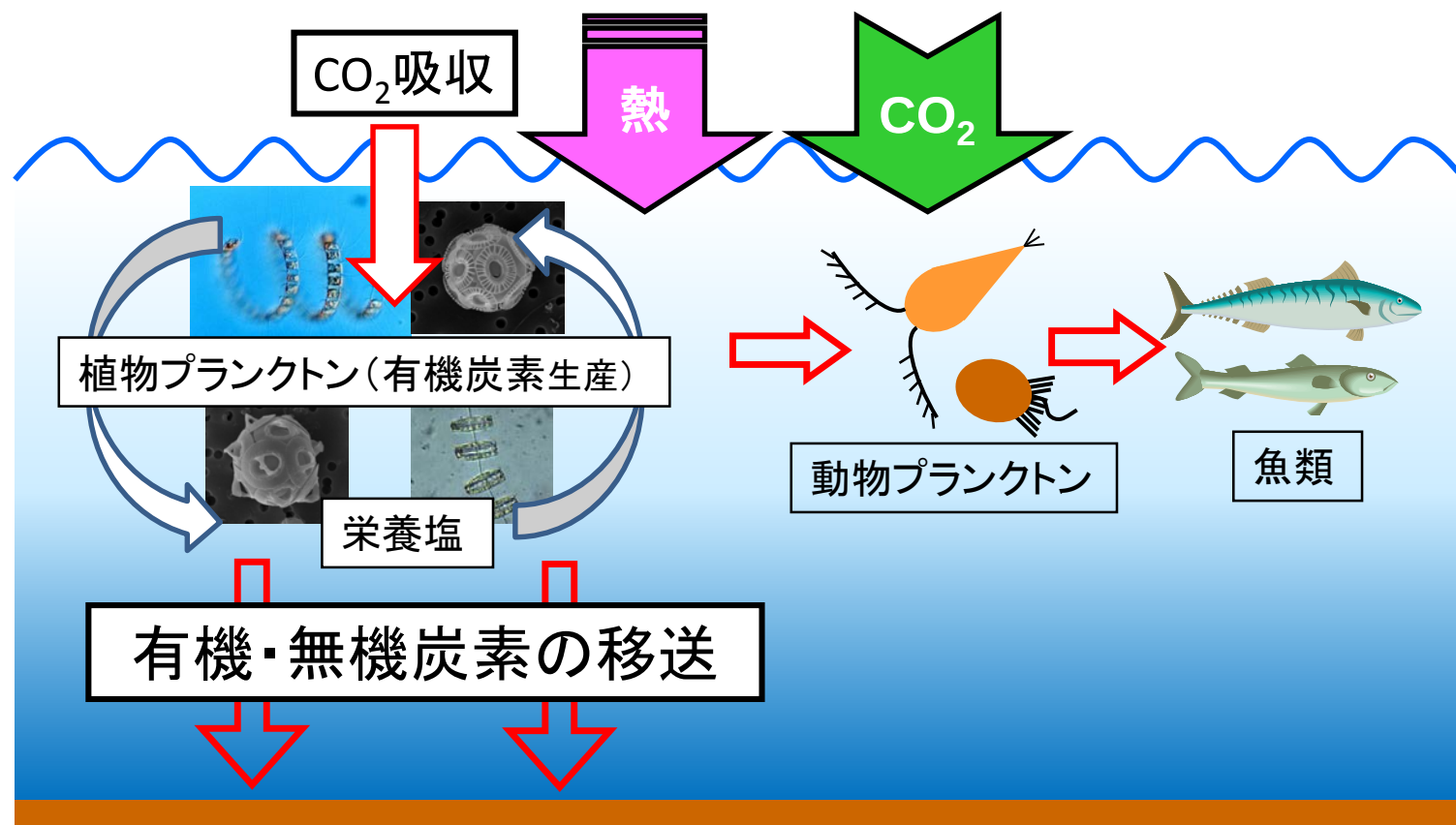


まとめ 温帯性サンゴの海洋酸性化影響

- 1) 本州周辺の温帯サンゴ、とくに北上種については、温暖化による成長の促進と北上は、海洋酸性化により制約が係る可能性がある。
- 2) 今後、いろいろな温帯性サンゴの種について、実験手法により酸性化・温暖化複合影響予測の定量性の高度化を目指す。

植物プランクトン生産への温暖化・海洋酸性化 影響の実験的評価 電力中央研究所

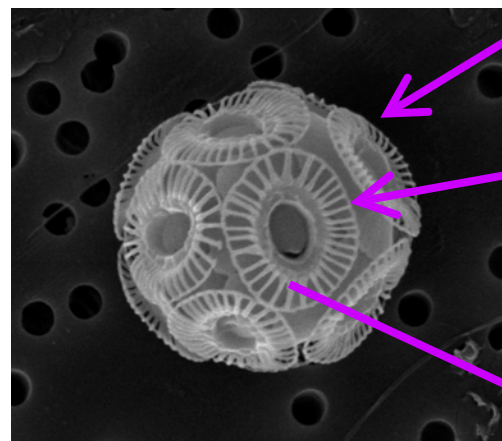
- ◆ 食物網の出発点
- ◆ 炭素・栄養塩循環の駆動力



本研究のねらい

植物プランクトンに対するCO₂と水温の 単独および複合影響

- ◆ 比増殖速度
- ◆ 粒子態有機炭素POC生産量
- ◆ 粒子態無機炭素PIC生産量
- ◆ 溶存態有機炭素DOC生産量



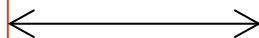
PIC (殻)

POC (細胞内)

DOC (細胞外)

単離株

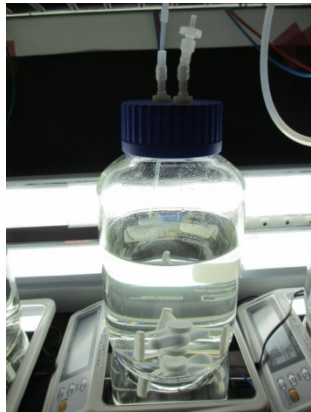
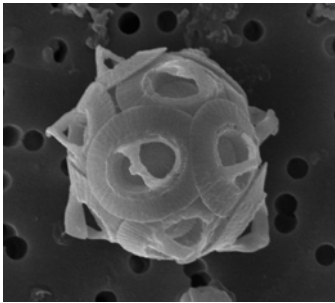
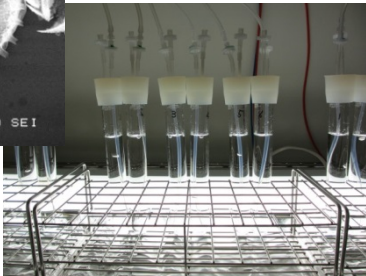
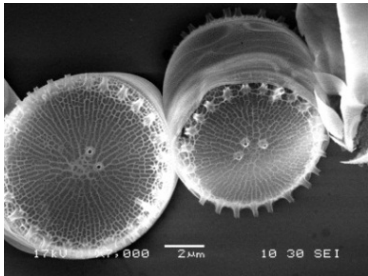
- ◆ 珪藻
- ◆ 円石藻



現場群集

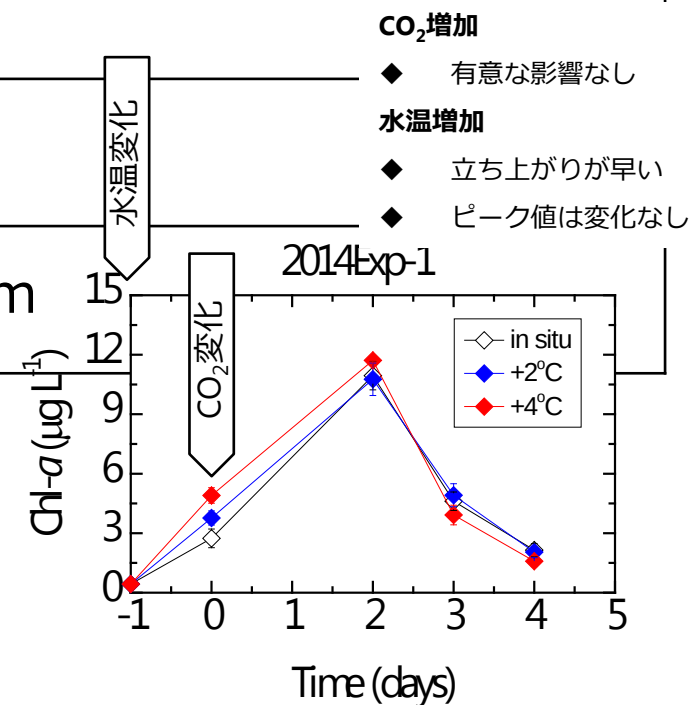
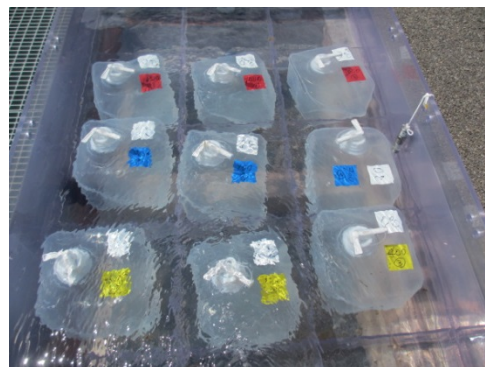
- ◆ 柏崎沿岸海水

単離株培養の実験方法

珪藻		円石藻
種	<i>Thalassiosira weissflogii</i>	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>
株	CCMP1336	MM4-6
光量	300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
水温 (3段階)	12, 16, 20 $^{\circ}\text{C}$	
CO ₂ 分圧 (4段階)	400, 550, 750, 1000 ppm 400 ppm $\Rightarrow$ 1000 ppm $\div$ 4 $^{\circ}\text{C}$ 上昇	
		

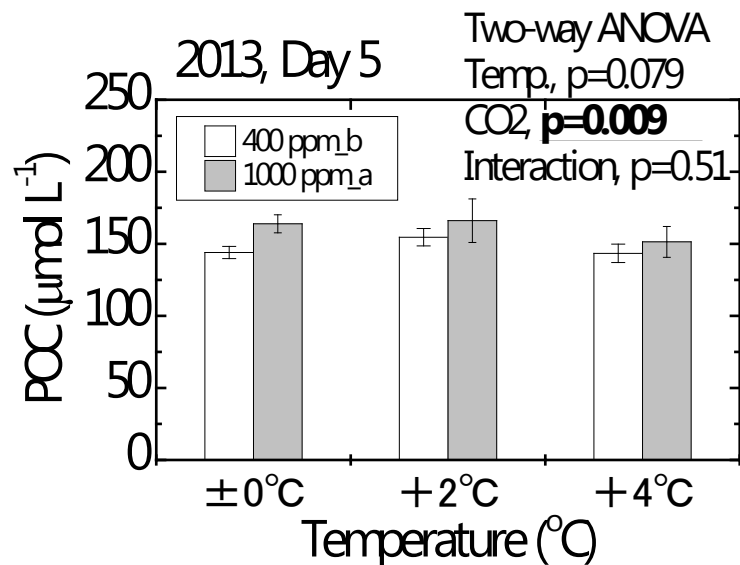
柏崎での沿岸水培養実験

試料	自然海水 (植物プランクトン, 動物プランクトン, 細菌類)
実施時期	① 2013年10月29日～11月4日 (秋: 水温19.3℃) ② 2014年 8月28日～ 9月2日 (夏: 最高水温期27.0℃) ③ 2014年 9月 4日～ 9月8日 (夏: 最高水温期27.0℃)
光量	自然光
水温 (3段階)	現場水温, +2℃, +4℃
CO ₂ 分圧 (3段階)	現場濃度, 700 ppm, 1000 ppm



クロロフィルa濃度の経時変化の例

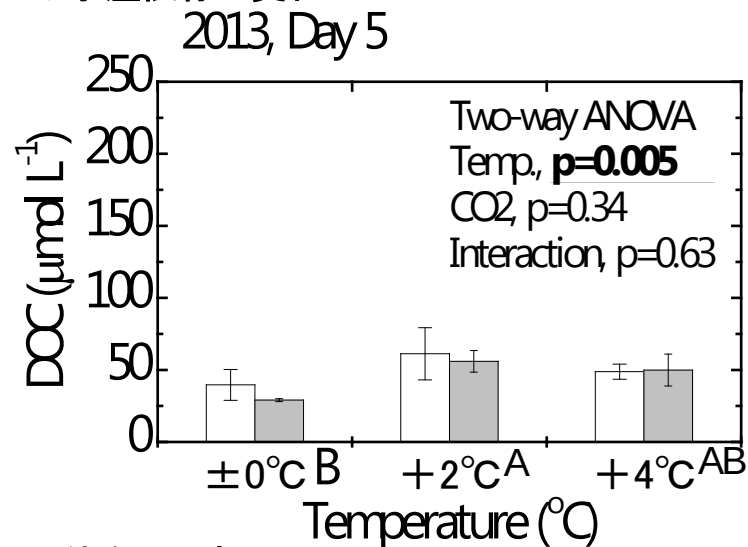
有機炭素生産（秋，水温19.3℃）



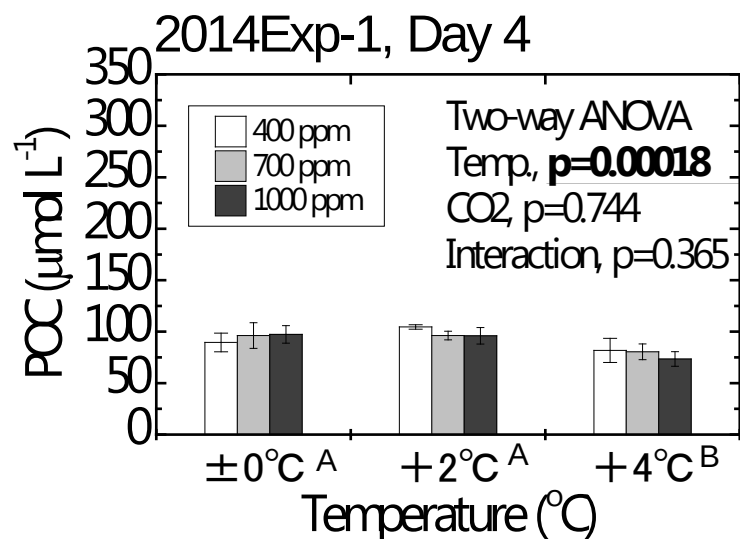
POC(植物体)はCO₂増加により増加

植物プランクトンブルーム後半に炭素が過剰に固定される

DOCは水温依存で変化



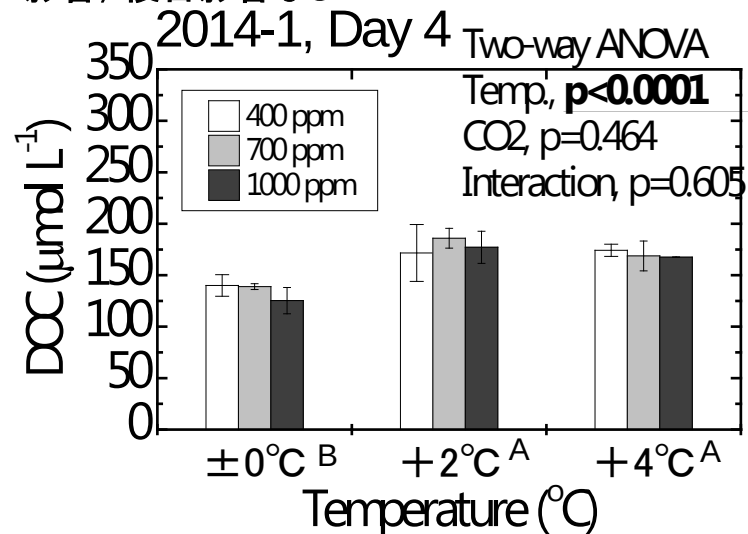
有機炭素生産（夏，水温27.0℃）



水温に依存して変化

POCは減少、DOCは増加

CO₂影響，複合影響なし



単離株実験のまとめ

比増殖速度

- ◆ 水温増加で増加

有機物生産

- ◆ 水温増加で減少，複合影響あり

円石藻の炭酸カルシウム殻

- ◆ CO₂増加による阻害なし

将来の影響は

水温 >> CO₂

現場プランクトン実験のまとめ

クロロフィル a 増殖速度

- ◆ 水温増加で増加，ピーク以降は変化なし

有機物生産

- ◆ 水温依存型とCO₂依存型

炭酸カルシウム殻

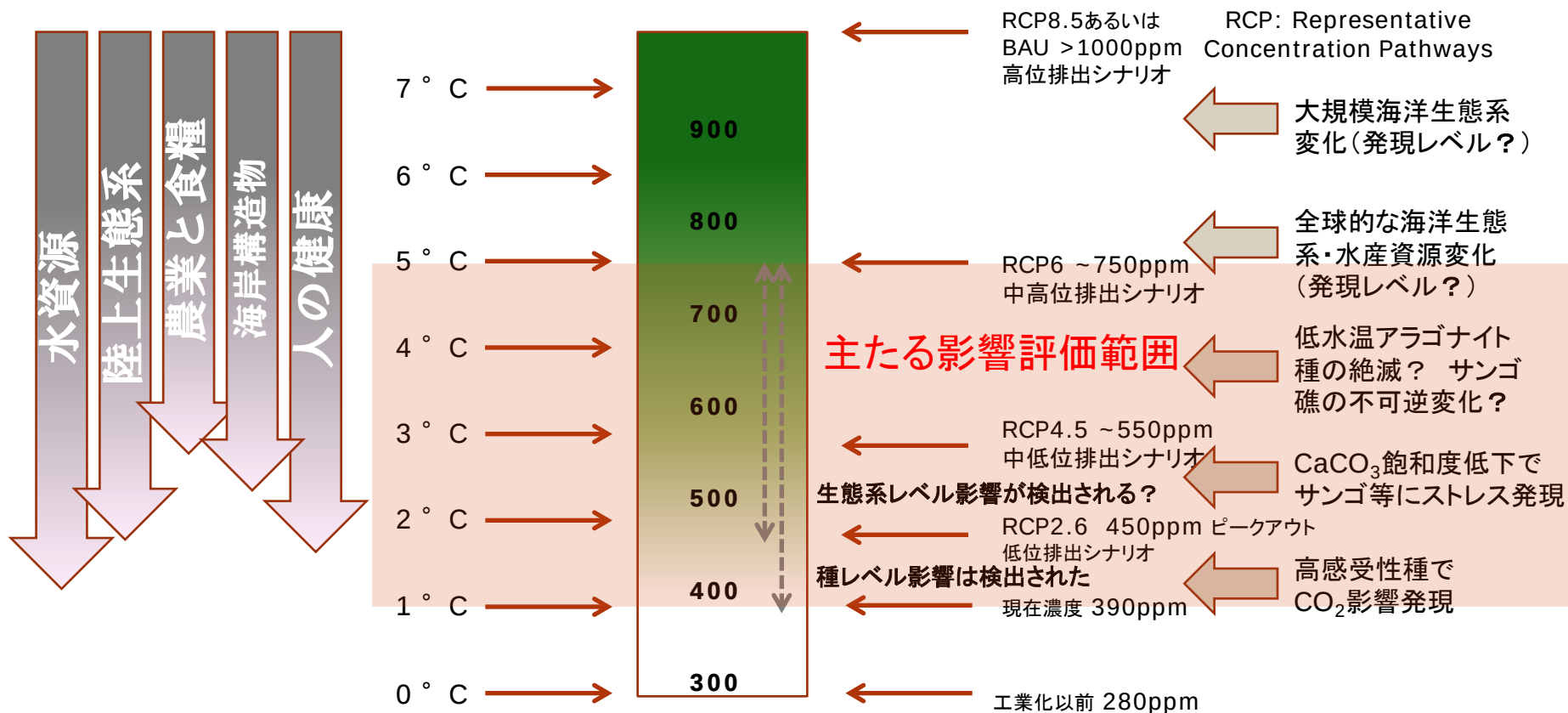
- ◆ CO₂増加による阻害なし

将来の影響は

水温 > CO₂

気候変動と海洋酸性化の地球規模影響の概念

— 他セクターへの影響と海洋酸性化影響の比較 —



他セクター温暖化影響 IPCC AR4
(多くは昇温に対応して発生)

大気CO₂(ppm)とおよその平衡(～2300年)気温上昇

既知・未知の海洋酸性化影響

- ・近未来のCO₂濃度範囲としてRCP4.5～RCP6の範囲の影響が最も知りたい(IPCC AR5 WG2では、RCP濃度区分で報告例をメタ分析したが、低レベルの評価実験が不足)
- ・CO₂による海洋酸性化評価実験は、種の多様性と国際分担を踏まえて西部太平洋(亜寒帯～亜熱帯)の多くの種で行うべき
- ・生態系影響評価は方法論(観察・実験を含む)から考える必要

分担研究者・協力研究者

— IPCC AR5 WG2報告書被引用情報 —

6章海のシステム、30章外洋域、に引用された論文(主に総説)、推進費課題以前を含む

- K.Denman, J.R.Christian, Y.Nojiri他, 2011: Potential impacts of future ocean acidification on marine..., *ICES J. Mar. Sci.*, **68**, 1019-1029.
- Y.Loya, K.Sakai他, 2001: Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecol. Lett.*, **4**, 122-131.
- A.Ishimatsu, M.Hayashi 他, 2008: Fishes in high-CO₂, acidified oceans. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **373**, 295-302.
- D.M.Karl, N.Bates, Y.Nojiri 他, 2003: Temporal studies of biogeochemical processes determined from ocean time-series observations during the JGOFS era. In: *Ocean Biogeochemistry: The Role of the...*, [Fasham, M.J.R. (ed.)]. Springer, Berlin, Germany, pp. 239-267.
- H.J.W.de Baar, P.W.Boyd, Y.Nojiri他, 2005: Synthesis of iron fertilization experiments: from the Iron..., *J. Geophys. Res.*, **110**, C09S16.

6章での海洋酸性化影響メタ分析評価に引用された実験論文、推進費課題以前を含む

- K.Fujita, A.Suzuki, K.Sakai, Y.Nojiri他, 2011: Effects of ocean acidification on calcification of symbiont..., *Biogeosci.*, **8**, 2089-2098.
- M.Hayashi, J.Kita and A.Ishimatsu, 2004: Comparison of the acid-base responses to CO₂ and acidificat..., *Mar. Pol. Bull.*, **49**, 1062-1065.
- M.Hikami, S.Sakai, Y.Nojiri, A.Suzuki他, 2011: Contrasting calcification responses to ocean acidificat..., *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L19601.
- M.Inoue, R.Suwa, A.Suzuki, K.Sakai and H.Kawahata, 2011: Effects of seawater pH on growth and..., *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L12809.
- S.Kawaguchi, H.Kurihara, A.Ishida他, 2011: Will krill fare well under Southern Ocean acidification? *Biol. Lett.*, **7**, 288-291.
- T.Kikkawa他, 2003: Acute CO₂ tolerance during the early developmental stages of four..., *Environmental Toxicology*, **18**, 375-382.
- T.Kikkawa他, 2006: Acute toxicity of temporally varying seawater CO₂ conditions on juveniles of..., *Mar. Pol. Bull.*, **52**, 621-625.
- T.Kikkawa他, 2008: Acute CO₂ tolerance limits of juveniles of three marine invertebrates, Sepia..., *Plankton Benthos Res.*, **3**, 184-187.
- R.Kimura, H.Takami, T.Ono, T.Onitsuka and Y.Nojiri, 2011: Effects of elevated pCO₂ on the early..., *Fish. Oceanogr.*, **20**, 357-366.
- H.Kurihara, M.Hayashi 他, 2008: Long-term effects of predicted future seawater CO₂ conditions on..., *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **367**, 41-46.
- M.Morita, R.Suwa, A.Iguchi, K.Sakai, A.Suzuki他, 2010: Ocean acidification reduces sperm flagellar motility in..., *Zygote*, **18**, 103-107.
- M.Nakamura, S.Ohki, A.Suzuki and K.Sakai, 2011: Coral Larvae under Ocean Acidification: Survival, Metabolism..., *Plos One*, **6**, e14521.
- R.Suwa, A.Iguchi, K.Sakai, A.Suzuki他, 2009: Effects of acidified seawater on early life stages of scleractinian..., *Fisher. Sci.*, **76**, 93-99.

最近の成果でIPCC AR4以降

- T.Onitsuka, R.Kimura, T.Ono, H.Takami and Y.Nojiri, 2014: Effects of ocean acidification on the early..., *Mar. Biol.*, **161**, 1127-1138.
- A.Kato, A.Suzuki, Y.Nojiri, K.Sakai他, 2014: Negative effects of ocean acidification on two crustose..., *J. Mar. Environm. Res.*, **94**, 1-6.
- R.Suwa, Y.Nojiri, T.Ono and Y.Shirayama, 2013: Effects of low pCO₂ conditions on sea urchin larval size, *Mar. Ecol.*, **34**, 443-450.
- S.Ohki, M.Inoue, T.Nakamura, A.Kato, Y.Nojiri, A.Suzuki, K.Sakai他, 2013: Symbiosis increases coral..., *Biogeosci.*, **10**, 6807-6814.
- A.Iguchi, A.Suzuki, K.Sakai and Y.Nojiri, 2014: Comparison of the effects of thermal..., *Zygote*, doi :10.1017/S0967199414000185.
- S.Comeau, R.C.Carpenter, Y.Nojiri, H.M.Putnam他, 2014: Pacifi-wide contrast highlights resistance of..., *Proc. R. Soc. B*, **281**, 20141339.
- A.Iguchi, N.H.Kumagai, T.Nakamura, A.Suzuki他, 2014: Responses of calcification of massive and..., *Mar. Poll. Bull.*, **89**, 348-355.

本研究により得ることができた主な成果

(1) 科学的意義

先行研究で実施してきた海洋生物飼育において精密にCO₂分圧を調整する技術を発展させることにより、従来行えなかったCO₂条件での実験を行った。具体的には、海水の水温とCO₂分圧の両者を調整したうえでそのCO₂分圧を計測し、将来の高CO₂と温暖化の両方が現れる条件で海洋生物の飼育を行う技術が確立した。

サンゴの影響評価においては、よい飼育条件を設定することで、熱帯種と温帯種の間でCO₂による海洋酸性化影響に違いがあることを見出した。また、北上種の将来変化として、水温上昇と酸性化の同時進行で石灰化の促進と抑制の交互作用が起こることが示唆された。

魚類の再生産への影響については、シロギスの産卵と初期発生にはCO₂耐性があることが分かったが、高水温における産卵の抑制においてCO₂増加が追加的効果を示すことが分かった。

植物プランクトン種については、室内での培養実験と現場海水の培養実験の両者を行い比較することから、有機物生産に対して水温影響がCO₂上昇の影響を上回ることが分かった。

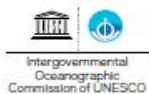
(2) 環境政策への貢献

わが国の沿岸海洋環境にとって重要であるサンゴが温暖化と海洋酸性化で受ける影響予測に関わる研究であり、自然環境保全に意義が大きい。また、温暖化と海洋酸性化で水産有用魚種が受ける影響の評価は社会的意義がある。本研究の先進的実験技術開発は、今後の海洋酸性化生物影響研究に長期にわたって貢献すると考えられる。

研究代表者はIPCCの第5次評価報告書の執筆に加わった。中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会の検討作業に加わり、海洋生態系への気候変動影響について専門的立場から議論を行った。これらの政策貢献において、先行課題および本課題の成果が活用された。

国際研究連携組織づくり

Symposium sponsors



An extended version of this summary for policymakers is available online with further scientific background information and references.

Copies are available from www.igbp.net

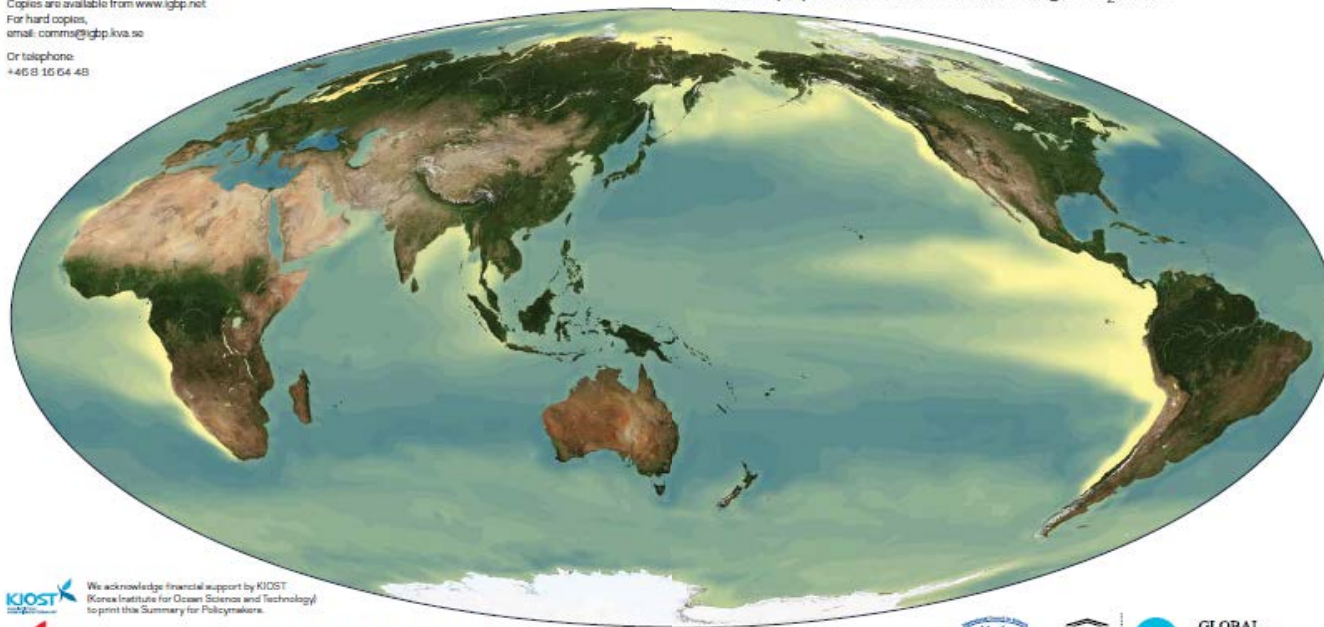
For hard copies,
email: commis@igbp.liv.ac.se

Or telephone:
+46 8 16 64 48

OCEAN ACIDIFICATION

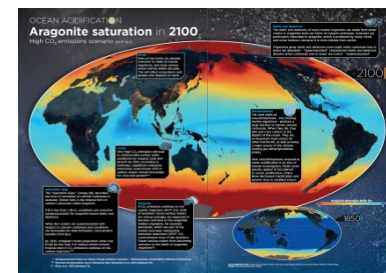
Summary for Policymakers

Third Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World



We acknowledge financial support by KIOST (Korea Institute for Ocean Science and Technology) to print this Summary for Policymakers.

This document was produced with the financial assistance of the Prince Albert II of Monaco Foundation. The contents of this document are the sole responsibility of IGBP, SCOR and IOC and can under no circumstances be regarded as reflecting the position of the Prince Albert II of Monaco Foundation.



Scientific research shows the vulnerability and sensitivity of commercially and ecologically important marine species to ocean acidification at elevated levels of CO₂ (adapted from Turley and Box, 2011^a, and Wittmann and Pithon, 2011^b)

OCEAN ACIDIFICATION				
Molluscs	Echinoderms	Crustaceans	Plankton	Coral
Oysters, scallops, mussels, clams, nautilus, abalone, pearl oysters, bivalves, nautilus and cuttlefish	Sea urchins, sea cucumbers, starfish	Shrimps, prawns, crabs, lobsters, crayfish, isopods, amphipods, etc.	Small shrimps, copepods, nauplius, rotifers, etc.	Brain and cold water coral
Molluscs and bivalves are important food sources for fish, including bluefish, groupers, and sea bass. Molluscs also provide habitat for other organisms.	Kelp and seaweed are important food sources for fish, including bluefish, groupers, and sea bass. Kelp also provides habitat for other organisms.	Zooplankton such as copepods and nauplius are important food sources for fish, including bluefish, groupers, and sea bass. Zooplankton also provides habitat for other organisms.	Major role in the balance of ecosystems as top predators or in controlling important trophic levels.	Important ecosystem engineers, providing a wide range of habitats for many species, many of which are dependent on living in coral reefs.
Current estimated global commercial value ^a \$24 billion Locally important. Decline in production in some regions.	\$0.7 billion Locally important. 'Lustre' lost from some oysters and scallops. Locally important in traditional medicine.	\$57 billion Significant proportion of human food, fish oil, and other products. Locally important in traditional medicine.	\$50 billion Significant proportion of human food, fish oil, and other products. Locally important in traditional medicine.	\$50-\$75 billion ^b Ecosystems of marine biodiversity, providing a wide range of habitats for many species, many of which are dependent on living in coral reefs.
Vulnerability Adults and juveniles have shown reduced growth and survival rates. Some species may become locally extinct.	Few species studied. Vulnerability in early life stages. Some species may become locally extinct.	Less affected than other groups. Thermal stress may be linked with some direct effects on behavior, stress and larval survival.	Indirect effects due to changes in prey and loss of habitat may be more significant than direct effects on behavior, stress and larval survival.	Reduced calcification, increased bleaching, increased mortality, and reduced growth.
Sensitivity (percent of species affected) ^c				
Effects Positive Neutral Negative				

欧米先進国では、市民・水産者・教育界などで海洋酸性化問題への関心が高まる
IGBPから発信した政策決定者向け解説

- ・OA-ICC (Ocean Acidification International Coordination Center, 国際原子力機関が支援)など、GOA-ON (Global Ocean Acidification Observation Network) など国際研究連携組織が発展中であり、わが国のより積極的参画が必要となっている
- ・国際研究連携組織は精力的にアウトリーチ活動を行っており、その国内向け発信が必要
- ・2015年2月21日に本推進費に関する一般向け成果報告会を開催したところ

2014年からの科研費(基盤S)課題参画機関の臨海施設³⁰



柏崎施設



海生研(柏崎)
飼育(大容量・温暖化)・加入



東北水研(宮古)
飼育(内・外)・加入



宮古の新施設



京都大学(白浜)
飼育(内・外)・加入

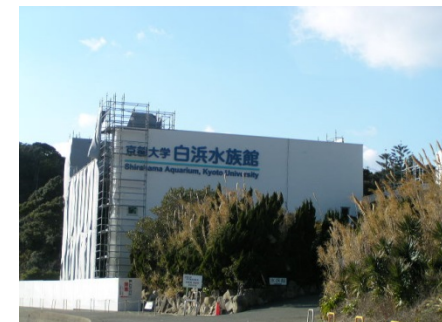
琉球大学(瀬底)
飼育(内・外)・加入



琉球大学瀬底(野外水槽)

わが国沿岸を広くカバーし、亜寒帯(宮古)～
亜熱帯(瀬底)の多様な沿岸生物種の酸性化
影響評価実験を実施する研究体制を構築

京都大学白浜改修終了



A-1203 海洋生物が受ける温暖化と海洋酸性化の複合影響の実験的研究

全体目標: 温暖化と海洋酸性化が、沿岸生態系、海洋生物資源、炭素循環に及ぼし得る影響を、複合影響を含めて実験可能な系で評価する。

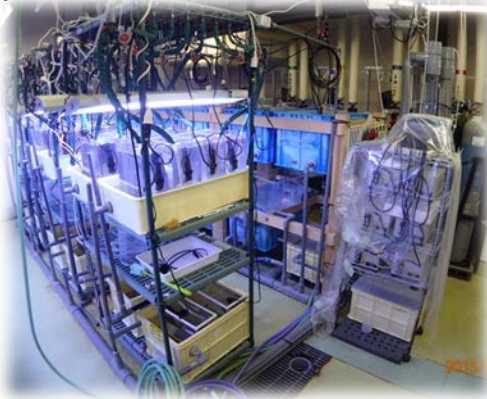
急速に北上中

顕著な北上が見られない



スギノキ
ミドリイシ クシハダ
ミドリイシ ヒメエダ
ミドリイシ

日本周辺域の北限種あるいは生息域を北上させているサンゴが受ける、温暖化影響とCO₂影響を、種の飼育実験から評価する。



得られた成果: 北限種より北上種で水温上昇による石灰化促進作用が大きい。北上種の温暖化による成長の促進と北上は、海洋酸性化により制約がかかる可能性がある。

適切なCO₂制御系を整備し、飼育・培養海水のCO₂濃度を精密にモニターしながら、CO₂制御下での長期実験をサポート。

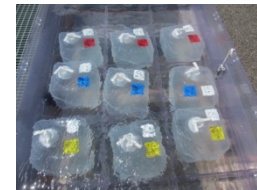
CO₂制御実験

CO₂制御実験



植物プランクトンは、分類群で水温影響、CO₂影響が大きく異なる。

ケイ藻(ケイ質殻形成)、円石藻(炭酸殻形成)など、海洋炭素循環への寄与が大きい藻類群で、沿岸種と外洋種について、CO₂と水温応答を培養実験から評価



得られた成果: 植物プランクトン種については、室内での培養実験と現場海水の培養実験の両者において、有機物生産に対して水温影響がCO₂上昇の影響を上回る。



産卵前の段階からふ化に至るまでを一貫して将来CO₂レベルに曝露



得られた成果: シロギスの再生産過程の高濃度CO₂影響は、4100 μ atmという高い濃度レベルでも発現しない。産卵への水温影響の閾値である28度では、2000 μ atmのCO₂高濃度がその発現を促進する。→ 水温・酸性化複合影響を示唆